【19】中華民國　　【12】專利公報　（B）

【11】證書號數：I940643
【45】公告日： 中華民國 115 (2026) 年 10 月 01 日
【51】Int. Cl.：　*G01R31/26　(2020.01)*　　*H01J37/252　(2006.01)*
發明　　全 8 頁

【54】名　　稱：在半導體取樣中的側向凹部測量

【21】申請案號：111126007　　【22】申請日： 中華民國 111 (2022) 年 07 月 12 日
【11】公開編號：202305384　　【43】公開日期： 中華民國 112 (2023) 年 02 月 01 日
【30】優 先 權： 2021/07/21　美國　17/382,280

【72】發 明 人： 齊麻瑪　麥可 (IL) CHEMAMA, MICHAEL；梅利　榮恩 (IL) MEIRY, RON；艾利亞蘇弗　摩舒 (IL) ELIASOF, MOSHE；亞倫　利奧爾 (IL) YARON, LIOR；伊坦　蓋 (IL) EYTAN, GUY；齊爾科　康斯坦丁 (IL) CHIRKO, KONSTANTIN；比斯翠札　拉法爾 (IL) BISTRITZER, RAFAEL
【71】申 請 人： 以色列商應用材料以色列公司　APPLIED MATERIALS ISRAEL LTD. 以色列
【74】代 理 人： 李世章；彭國洋

【56】參考文獻：
TW　200839917A　　CN　109891255A

審查人員：黃是衡

【57】申請專利範圍

1. 一種測量在一半導體取樣中的一側向凹部的電腦化系統，該半導體取樣包括彼此交替地沉積的一第一類型的一或多個第一層和一第二類型的一或多個第二層的一堆疊，該第二層至少部分地被蝕刻，從而在每個給定的第二層與其相鄰的兩個第一層之間形成一側向凹部，該系統包括：
一電子束工具，該電子束工具被配置為：
使用具有一經專門地選擇以穿透到對應於該取樣的一目標第二層的一預定義深度的一著陸能量的一電子束來掃瞄該半導體取樣；及
通過收集從該取樣的一表面發射的二次電子（SE）來獲取一第一圖像，並且通過收集從該取樣的在該表面與該目標第二層之間的一內部區域散射的背向散射電子（BSE）來獲取一第二圖像，該第一圖像提供該取樣的一表面輪廓的資訊，該第二圖像提供該內部區域的一內部結構的資訊；及
一處理和記憶體電路（PMC），該 PMC 操作地連接到該電子束工具並被配置為：
產生提供該第一圖像的灰階級（GL）強度分佈的資訊的一第一 GL 波形和提供該第二圖像的 GL 強度分佈的資訊的一第二 GL 波形；
基於該第一 GL 波形來估計該一或多個第一層的一第一寬度，並且基於該第二 GL 波形來估計相對於至少該目標第二層的一第二寬度；及
基於該第一寬度和該第二寬度來測量相對於該目標第二層的一側向凹部。
2. 如請求項 1 所述之電腦化系統，其中該半導體取樣包括一環柵（GAA）裝置，並且其中該第一層由矽製成，並且該第二層由矽鍺製成。
3. 如請求項 1 所述之電腦化系統，其中該目標第二層是該一或多個第二層中的一頂部第二層，並且所測量的側向凹部是形成在該頂部第二層與其相鄰的第一層之間的一頂層側向凹部。

4. 如請求項 1 所述之電腦化系統，其中該目標第二層是一頂部第二層之後的一後續第二層，並且所測量的側向凹部是形成在該頂部第二層與其相鄰的第一層之間的一頂層側向凹部和形成在該後續第二層與其相鄰的第一層之間的一後續側向凹部的一平均側向凹部。
5. 如請求項 3 所述之電腦化系統，其中該 PMC 被進一步配置為測量相對於該頂部第二層之後的一後續第二層的一平均側向凹部，並且基於該平均側向凹部和該頂層側向凹部來匯出一後續層側向凹部。
6. 如請求項 1 所述之電腦化系統，其中該等 SE 由 SE 檢測器陣列收集，並且該等 BSE 由至少一個 BSE 檢測器收集。
7. 如請求項 1 所述之電腦化系統，其中穿透到對應於該目標第二層的該預定義深度的該著陸能量是基於在相對於無側向凹部的一參考取樣的 BSE 的一數量與相對於該半導體取樣的 BSE 的一數量之間的一比較來專門地選擇的。
8. 如請求項 1 所述之電腦化系統，其中估計該第一寬度包括通過沿該第一 GL 波形計算導數來估計在該第一 GL 波形上的第一拓撲點，在該第一 GL 波形上應用一預定義導數閾值，產生該第一拓撲點，並且測量在該等第一拓撲點之間的該第一寬度。
9. 如請求項 1 所述之電腦化系統，其中估計該第二寬度包括通過在該第二 GL 波形上應用一預定義 GL 閾值來估計在該第二 GL 波形上的第二拓撲點，產生該等第二拓撲點，並且測量在該等第二拓撲點之間的該第二寬度。
10. 如請求項 1 所述之電腦化系統，其中該 PMC 被進一步配置為相對於從一透射電子顯微鏡（TEM）獲得的參考測量資料校準所測量的側向凹部。
11. 如請求項 10 所述之電腦化系統，其中該校準是基於先前在來自該電子束工具的對應測量資料和從該 TEM 獲得的該參考測量資料之間匯出的一相關關係。
12. 一種測量在一半導體取樣中的一側向凹部的電腦化方法，該半導體取樣包括彼此交替地沉積的一第一類型的一或多個第一層和一第二類型的一或多個第二層的一堆疊，該等第二層至少部分地被蝕刻，從而在每個給定的第二層與其相鄰的兩個第一層之間形成一側向凹部，該方法由一處理和記憶體電路（PMC）執行並包括：
獲得通過收集從該取樣的一表面發射的二次電子（SE）獲取的一第一圖像和通過收集從該取樣的在該表面與一目標第二層之間的一內部區域散射的背向散射電子（BSE）獲取的一第二圖像，其中使用具有經專門地選擇以穿透到對應於該目標第二層的一預定義深度的一著陸能量的一電子束來掃瞄該半導體取樣，並且其中該第一圖像提供該取樣的一表面輪廓的資訊，並且該第二圖像提供該內部區域的一內部結構的資訊；
產生提供該第一圖像的灰階級（GL）強度分佈的資訊的一第一 GL 波形和提供該第二圖像的 GL 強度分佈的資訊的一第二 GL 波形；
基於該第一 GL 波形來估計該等第一層的一第一寬度，並且基於該第二 GL 波形來估計相對於至少該目標第二層的一第二寬度；及
基於該第一寬度和該第二寬度來測量相對於該目標第二層的一側向凹部。
13. 如請求項 12 所述之電腦化方法，其中該目標第二層是該一或多個第二層中的一頂部第二層，並且所測量的側向凹部是形成在該頂部第二層與其相鄰的第一層之間的一頂層側向凹部。
14. 如請求項 12 所述之電腦化方法，其中該目標第二層是接在一頂部第二層之後的一後續第二層，並且所測量的側向凹部是形成在該頂部第二層與其相鄰的第一層之間的一頂層側向凹部和形成在該後續第二層與其相鄰的第一層之間的一後續側向凹部的一平均側向凹部。

15. 如請求項 13 所述之電腦化方法，進一步包括測量相對於該頂部第二層之後的一後續第二層的一平均側向凹部，並且基於該平均側向凹部和該頂層側向凹部來匯出一後續層側向凹部。
16. 如請求項 12 所述之電腦化方法，其中穿透到對應於該目標第二層的該預定義深度的該著陸能量是基於在相對於無側向凹部的一參考取樣的 BSE 的一數量與相對於該半導體取樣的 BSE 的一數量之間的一比較來專門地選擇的。
17. 如請求項 12 所述之電腦化方法，其中估計該第一寬度包括通過沿該第一 GL 波形計算導數來估計在該第一 GL 波形上的第一拓撲點，在該第一 GL 波形上應用一預定義導數閾值，產生該第一拓撲點，並且測量在該等第一拓撲點之間的該第一寬度。
18. 如請求項 12 所述之電腦化方法，其中估計該第二寬度包括通過在該第二 GL 波形上應用一預定義 GL 閾值來估計在該第二 GL 波形上的第二拓撲點，產生該第二拓撲點，並且測量在該第二拓撲點之間的該第二寬度。
19. 如請求項 12 所述之電腦化方法，進一步包括相對於從一透射電子顯微鏡（TEM）獲得的參考測量資料校準所測量的側向凹部。
20. 一種非瞬態電腦可讀取儲存媒體，該非瞬態電腦可讀取儲存媒體有形地具體體現指令程式，當由一電腦執行該等指令程式時，致使該電腦執行測量在一半導體取樣中的一側向凹部的方法，該半導體取樣包括彼此交替地沉積的一第一類型的一或多個第一層和一第二類型的一或多個第二層的一堆疊，該等第二層至少部分地被蝕刻，從而在每個給定的第二層與其相鄰的兩個第一層之間形成一側向凹部，該方法包括以下步驟：
    獲得通過收集從該取樣的一表面發射的二次電子（SE）獲取的一第一圖像和通過收集從該取樣的在該表面與一目標第二層之間的一內部區域散射的背向散射電子（BSE）獲取的一第二圖像，其中使用具有經專門地選擇以穿透到對應於該目標第二層的一預定義深度的一著陸能量的一電子束來掃瞄該半導體取樣，並且其中該第一圖像提供該取樣的一表面輪廓的資訊，並且該第二圖像提供該內部區域的一內部結構的資訊；
    產生提供該第一圖像的灰階級（GL）強度分佈的資訊的一第一 GL 波形和提供該第二圖像的 GL 強度分佈的資訊的一第二 GL 波形；
    基於該第一 GL 波形來估計該第一層的一第一寬度，並且基於該第二 GL 波形來估計相對於至少該目標第二層的一第二寬度；及
    基於該第一寬度和該第二寬度來測量相對於該目標第二層的一側向凹部。

圖式簡單說明

為了理解本案並瞭解本案在實踐中可如何進行，將僅以非限制性示例的方式參考附圖來描述實施方式，在附圖中：

圖 1 圖示根據當前所揭示的主題的某些實施例的檢驗系統的一般化方塊圖。

圖 2A 圖示根據當前所揭示的主題的某些實施例的測量在半導體取樣中的側向凹陷部的一般化流程圖。

圖 2B 圖示根據當前所揭示的主題的某些實施例的獲取第一圖像和第二圖像的一般化流程圖。

圖 3 圖示根據當前所揭示的主題的某些實施例的測量每層側向凹部及/或測量平均側向凹部的一般化流程圖。

圖 4 圖示根據當前所揭示的主題的某些實施例的 GAA 結構的示意圖。

圖 5 圖示根據當前所揭示的主題的某些實施例的 GAA 結構的第一圖像和第二圖像的示例。

圖 6 圖示根據當前所揭示的主題的某些實施例的第一 GL 波形和第二 GL 波形的示例。

圖 7 圖示根據當前所揭示的主題的某些實施例的從參考取樣接收到的 BSE 的數量相對於感興趣取樣的差與所使用的著陸能量的水平之間的相關性的示例性曲線圖。

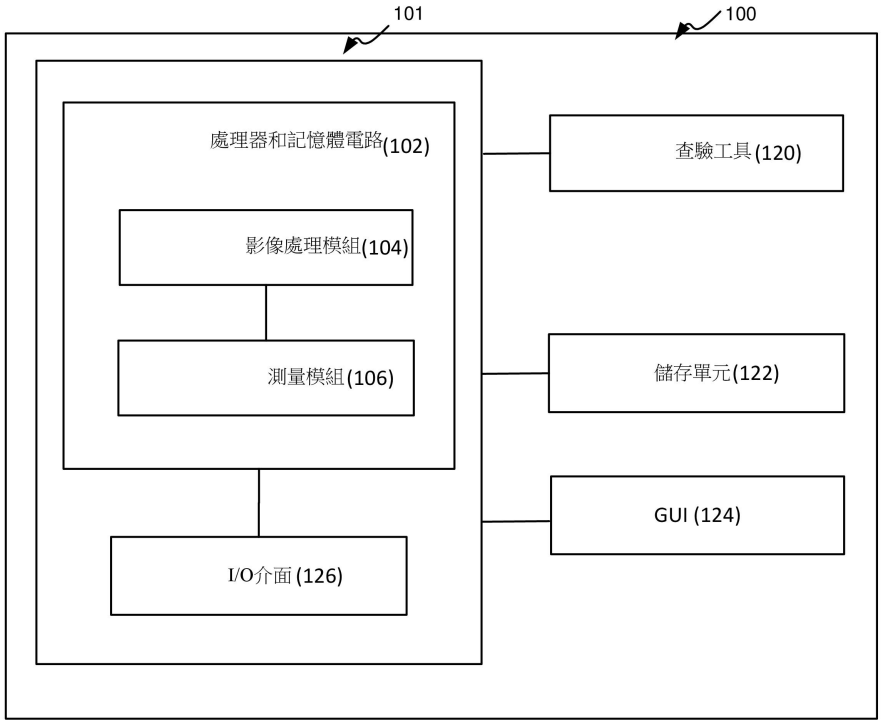


圖1

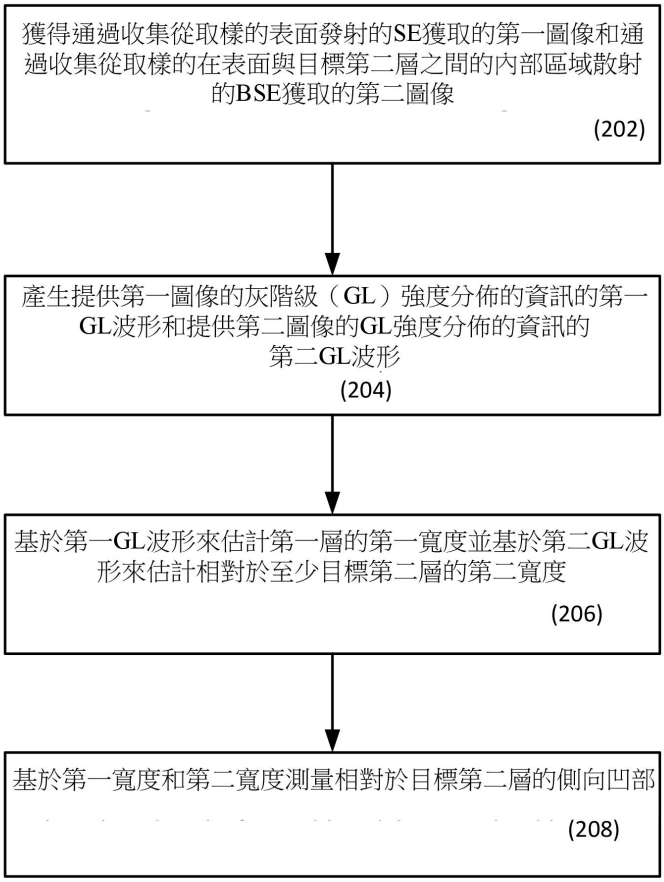

獲得通過收集從取樣的表面發射的SE獲取的第一圖像和通過收集從取樣的在表面與目標第二層之間的內部區域散射的BSE獲取的第二圖像
(202)
產生提供第一圖像的灰階級（GL）強度分佈的資訊的第一GL波形和提供第二圖像的GL強度分佈的資訊的第二GL波形
(204)
基於第一GL波形來估計第一層的第一寬度並基於第二GL波形來估計相對於至少目標第二層的第二寬度
(206)
基於第一寬度和第二寬度測量相對於目標第二層的側向凹部
(208)

圖2A

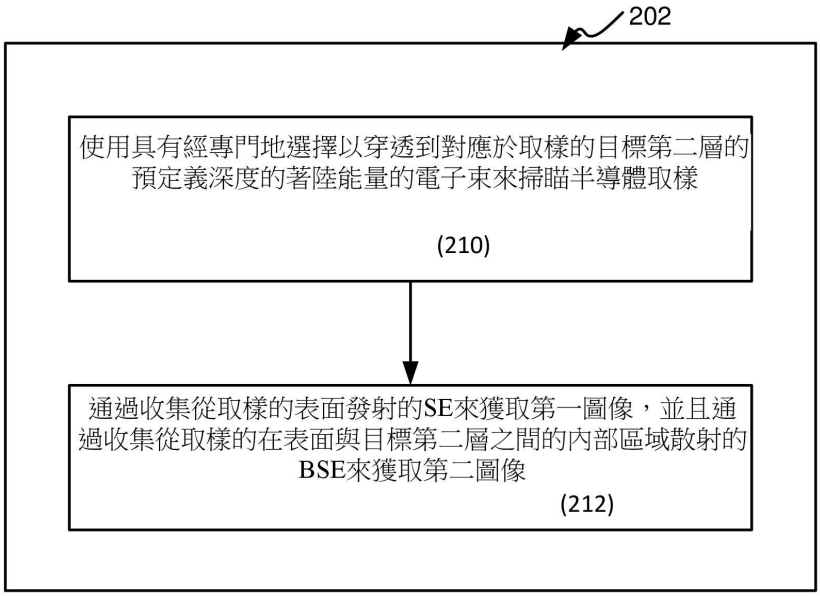

202
使用具有經專門地選擇以穿透到對應於取樣的目標第二層的預定義深度的著陸能量的電子束來掃瞄半導體取樣
(210)
通過收集從取樣的表面發射的SE來獲取第一圖像，並且通過收集從取樣的在表面與目標第二層之間的內部區域散射的BSE來獲取第二圖像
(212)

圖2B

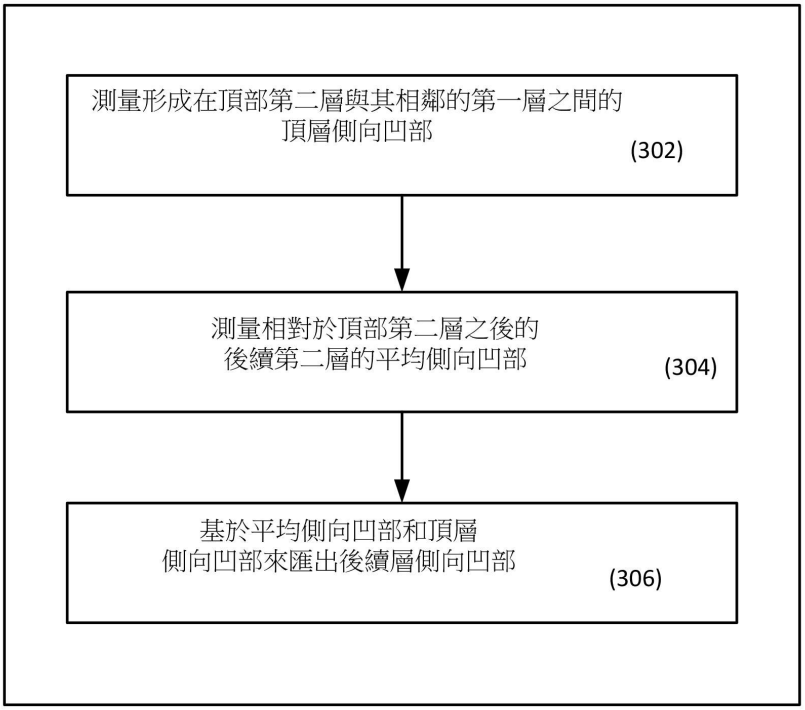

測量形成在頂部第二層與其相鄰的第一層之間的頂層側向凹部
(302)
測量相對於頂部第二層之後的後續第二層的平均側向凹部
(304)
基於平均側向凹部和頂層側向凹部來匯出後續層側向凹部
(306)

圖3

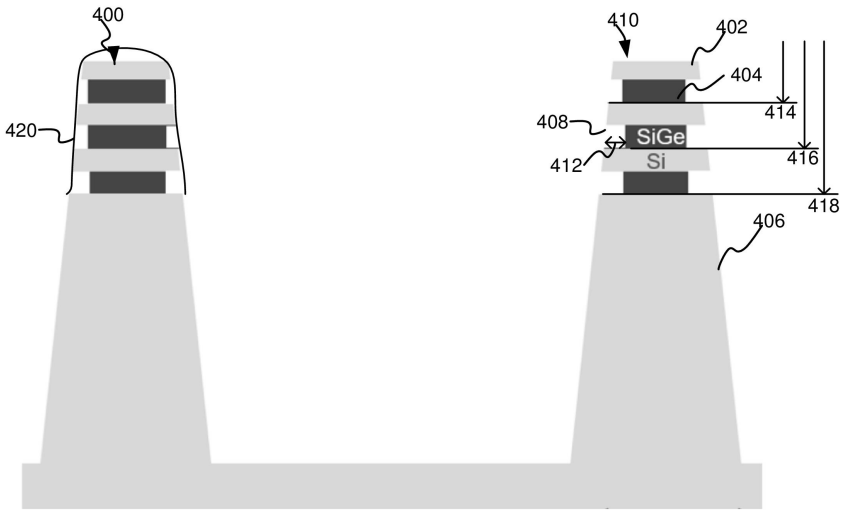

400
420
410
402
404
414
408
SiGe
412
Si
416
418
406

圖4

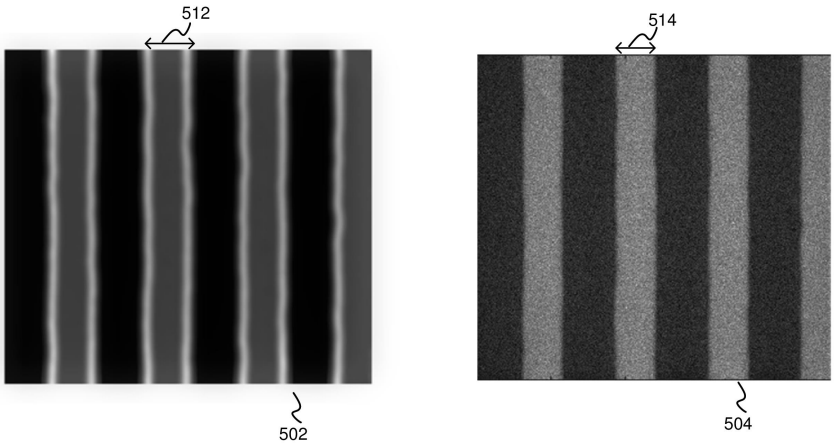

512
502
514
504

圖5

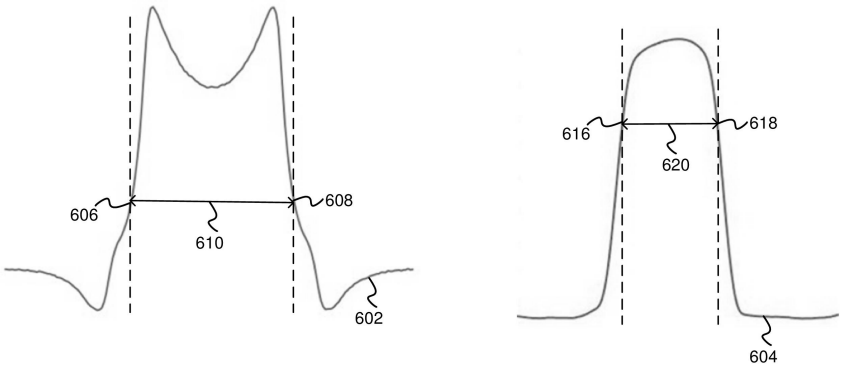

606
608
610
602
616
618
620
604

圖6

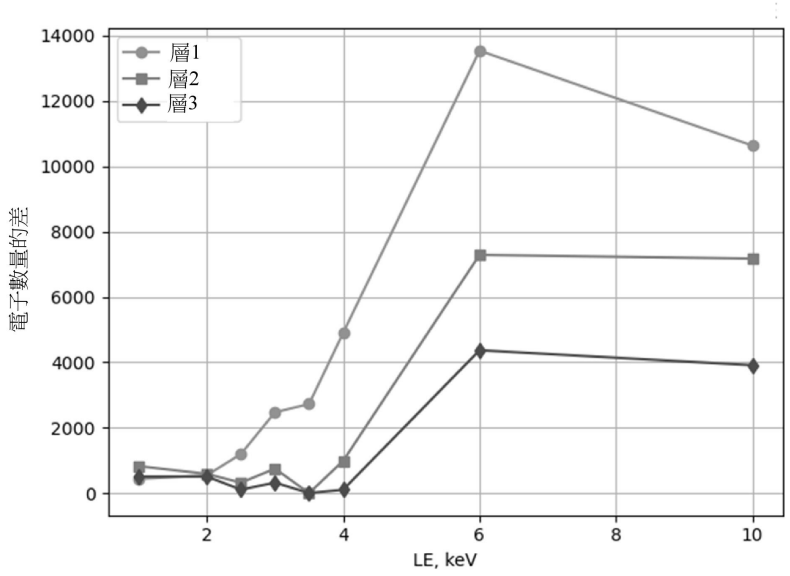

層1
層2
層3
電子數量的差
LE, keV
14000
12000
10000
8000
6000
4000
2000
0
2
4
6
8
10

圖7